

МІРКУВАННЯ З ПИТАНЬ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ЕНЕРГОМЕРЕЖ І ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ВИРОБЛЕНОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Цей додаток містить більш детальну інформацію загального характеру з питань організації підключення до енергомереж і постачання електроенергії в Україні. Розділ, присвячений обмеженням в плані підключення до енергомереж, містить інформацію щодо потенційних питань і особливостей підключення об'єктів різної потужності до мереж різного рівня напруги. Розділ, присвячений обмеженням в плані постачання електроенергії, висвітлює особливості роботи національної енергосистеми в цілому, які можуть обмежувати підключення об'єктів відновлюваної енергетики. В цьому розділі також вивчаються питання пропускну здатності існуючої системи постачання електроенергії між регіонами і існуючих рівнів потреби в електроенергії, які можуть поглинути енергію, вироблену на об'єктах відновлюваної енергетики. Всі ці фактори були враховані в процесі розробки оцінок за сценаріями максимального розвитку відновлюваної енергетики в різних регіонах України.

В середині 1990х років Уряд України провів реструктуризацію енергетичного сектора з метою створення конкуренції між виробниками електроенергії. Результатом цієї реструктуризації став розподіл функцій власності і управління енергетичними активами за такими категоріями: генеруючі активи, енергопостачальна мережа, розподільчі мережі і ринок збуту електроенергії (Енергоринок). Державна енергопостачальна компанія «Укренерго» є власником і оператором енергопостачальної мережі, і працює незалежно від генеруючих і розподільчих компаній. «Укренерго» тісно співпрацює з ДП «Енергоринок» як з оператором енергетичного ринку, але ці два підприємства є абсолютно окремими суб'єктами господарювання.

Транспортування великих обсягів електроенергії в енергомережі України переважно здійснюється лініями з напругою 750 кВ і 330 кВ (на великі відстані) і лініями з напругою 110 кВ (на коротші відстані). Двадцять сім регіональних розподільчих компаній подають енергію кінцевим споживачам розподільчими лініями з напругою від 0.5 кВ до 35 кВ¹.

1. ОБМЕЖЕННЯ, ЯКІ СТОСУЮТЬСЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ЕНЕРГОМЕРЕЖ

За рівнями напруги енергомережі діляться на наступні класи: розподільчі мережі низької напруги, розподільчі мережі високої напруги і постачальні мережі.

- Розподільчі мережі низької напруги в Україні працюють в діапазоні до 35 кВ. Розподільчий рівень напруги зазвичай використовується для подачі електроенергії місцевим споживачам, включаючи населення і підприємства). Розподільча система України характеризується високим рівнем зношеності і не відновлювалась протягом останніх 30-40 років. Системи автоматизації на існуючих підстанціях не можуть належним чином контролювати мінливий стан ресурсів вітрової і сонячної енергії.
- Розподільчі мережі високої напруги в Україні переважно включають лінії з напругою 110 кВ, але при цьому охоплюють діапазон від приблизно 69 кВ до 200 кВ. Розподільчі мережі високої напруги є проміжним класом між районними розподільчими мережами і магістральними постачальними мережами. Іноді цей клас напруги асоціюється з транспортуванням

¹ Дженнекс, Мюррей Е. (2003). Використання ІТ на комунальних підприємствах України, Вірменії і Грузії. Листування Асоціації інформаційних систем. Том 11, Стаття 24. (Jennex, Murray E. (2003) "IT Use in the Utilities of Ukraine, Armenia and Georgia," Communications of the Association for Information Systems: Vol. 11, Article 24). Розміщено на сайті: <http://aisel.aisnet.org/cais/vol11/iss1/24>

електроенергії на великі відстані, але він спеціально виокремлюється для того, щоб мати можливість обговорити види підключень до енергомережі, що існують для об'єктів відновлюваної енергетики.

- За рівнями напруги постачальні мережі України діляться на наступні групи: вище 200 кВ, 330 кВ і 750 кВ. Рівень напруги постачальних мереж забезпечує транспортування енергії на великі відстані з меншими втратами в системі, а самі постачальні мережі з'єднують великі генеруючі об'єкти і центри споживання електроенергії. Постачальні мережі в Україні є переважно мережами перемінного струму (ПерС), але між сусідніми державами діють високовольтні лінії електропередачі постійного струму (ВЛЕП ПостС) – головним чином для того, щоб мати можливість регулювати ізольовану роботу сегментів енергосистем, закріплених за різними енергопостачальними компаніями.

Більшість українських теплових електростанцій, як вугільних, так і атомних, підключена до розподільчих мереж високої напруги і до постачальних мереж. Однак віддалені або невеликі об'єкти відновлюваної енергетики можуть потребувати підключення до місцевих розподільчих мереж нижчої напруги.

Об'єкти, які підключаються до місцевих розподільчих мереж з метою забезпечення місцевих потреб в електроенергії, не повинні мати таку потужність, яка перевищуватиме рівень мінімального навантаження. Тільки таким чином можна буде уникнути відведення надлишкової енергії до розподільчих мереж високої напруги і постачальних мереж. Мінімальне навантаження може визначатись або як навантаження на виході з радіальної лінії (у разі подачі енергії безпосередньо до розподільчої мережі), або як сумарний обсяг споживання електроенергії, забезпечений через підстанцію (у разі підключення безпосередньо до підстанції). Рисунок 1 схематично відображує зв'язки між такими елементами як постачальна мережа, високовольтна розподільча мережа, низьковольтна розподільча мережа і навантаження на радіальній лінії або в енергомережі.

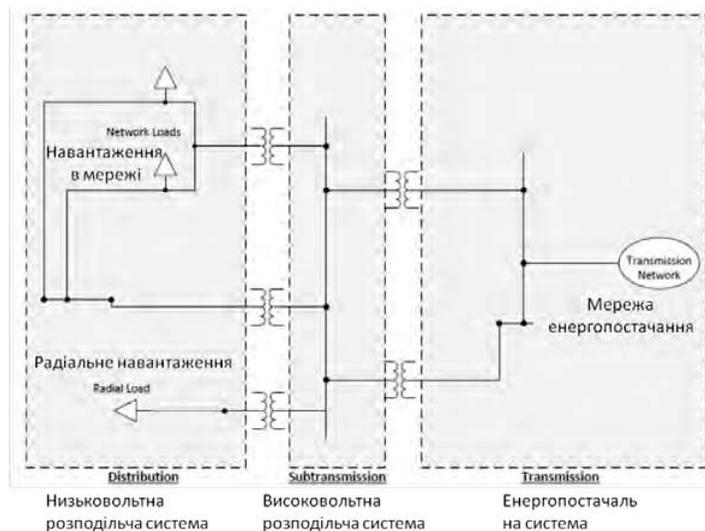


Рисунок 1. Типова схема електричної системи

Вважається, що краще підключати об'єкт до розподільчої підстанції, ніж створювати відгалуження від розподільчої лінії через обмеження у припустимих рівнях навантаження на радіальні мережі та ризики для стабільної роботи системи, обумовлені такими явищами як пульсація напруги² і вміст вищих гармонік³. Ще

² Дивіться визначення поняття «пульсація напруги» у Додатку В

одна важлива вимога до підключень до розподільчої мережі стосується спроможності компенсувати реактивну потужність⁴, яка передається розподільчою мережею, для того, щоб уникнути перепадів напруги і пов'язаних з цим ризиків для стабільної роботи системи. Радіальні розподільчі лінії великої довжини характеризуються великими обсягами втрат енергії на виході, які можуть спричинити різке падіння напруги на вході. В таких випадках одним з важливих завдань генеруючого об'єкту є стабілізація напруги з метою компенсації втрат напруги, пов'язаних зі збільшенням обсягів енергії, що надходить до системи в точці підключення. Підключення до розподільчої мережі повинні функціонувати як джерела напруги в наступному діапазоні коефіцієнтів потужності: від 0.90 в режимі роботи з випереджуваним струмом до 0.90 в режимі роботи з відстаючим струмом.

Завдяки більшим обсягам споживання електроенергії, які забезпечуються через підстанції високовольтних розподільчих мереж, об'єкти, які підключаються до цих мереж, можуть мати більшу потужність, оскільки ці підстанції зазвичай працюють у зв'язці з багатьма підстанціями розподільчих і постачальних мереж. В цьому випадку дотримання вимоги щодо того, щоб потужність об'єкту, що підключається, не перевищувала рівень мінімального навантаження, не є настільки критичним, як у попередньому випадку – єдиним виключенням є радіальні лінії між постачальним і розподільчим центром. Вищі рівні напруги скорочують обсяги струму пошкодження, який надходить до системи від генеруючого об'єкту, а необхідне обладнання зазвичай має вищі експлуатаційні нормативи щодо рівнів струму, які враховують обсяги енергії, що проходять високовольтною розподільчою мережею.

Якщо генеруючі об'єкти підключаються до високовольтної розподільчої мережі не через підстанцію, вони повинні підключатись на вході до мережі, але це не є обов'язковим. Кожен окремий оператор постачальної мережі має власні вимоги щодо облаштування відгалужень від лінії електропередач. Підключення безпосередньо до підстанції є кращим варіантом, ніж підключення на вході до мережі, оскільки підстанція має велику кількість виходів для транспортування енергії. Генеруючі об'єкти так само мають бути здатні компенсувати реактивну потужність, яка передається високовольтною розподільчою мережею. Ці системи часто мають більш розвинену мережеву структуру, завдяки чому великі втрати напруги трапляються не так часто; тим не менш, проектом електростанції має бути передбачена здатність регулювати рівні напруги в діапазоні коефіцієнтів потужності від 0.95 в режимі роботи з випереджуваним струмом до 0.95 в режимі роботи з відстаючим струмом.

Ті генеруючі об'єкти, які підключаються до енергопостачальної мережі, повинні мати досить велику потужність з огляду на складнощі, що супроводжують підключення до високовольтних ліній. Підключення до високовольтних мереж повинні забезпечувати більш високий рівень надійності за рахунок використання кільцевої шини або полуторної схеми на вході до мережі, або за рахунок підключення безпосередньо до енергопостачальної підстанції. Облаштування відгалуження від ліній енергопостачання не є надійним способом доступу до системи, оскільки цими лініями проходять великі обсяги енергії, які транспортуються на великі відстані. Якщо виникає падіння напруги на боці генеруючого об'єкту, воно не повинно жодним чином впливати на роботу лінії енергопостачання. Енергопостачальні системи працюють на високих рівнях напруги і мають багато підключень, завдяки чому коливання рівнів напруги через втрати в мережі трапляються не дуже часто. Для забезпечення надійної роботи системи підключені генеруючі об'єкти мають бути здатні регулювати рівні напруги в діапазоні коефіцієнтів потужності від 0.95 в режимі роботи з випереджуваним струмом до 0.95 в режимі роботи з відстаючим струмом.

³ Дивіться визначення терміну «гармоніки» у Додатку В

⁴ Дивіться визначення терміну «реактивна потужність» в Додатку В

Якщо стоїть завдання інтегрувати в систему велику кількість об'єктів відновлюваної енергетики, зосереджених в певному районі, необхідно розглянути всі ці об'єкти в комплексі для оцінки їхнього впливу на рівні навантаження і стабільність роботи системи, а також організувати їх у свого роду чергу, яка має бути обґрунтованою, відкритою і прозорою. Дуже важливо розглядати всі проекти разом для того, щоб забезпечити можливість поступового проведення модернізації обладнання системи у міру завершення будівництва і підключення кожного запланованого об'єкту. Застосування цього підходу є надзвичайно важливим по відношенню до розподільчої мережі, яка наразі характеризується значною зношеністю обладнання, проблемами з навантаженням і утворенням струму пошкодження в низьковольтних мережах.

2. ОБМЕЖЕННЯ, ЯКІ СТОСУЮТЬСЯ РОБОТИ ПОСТАЧАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Підприємство «Укренерго» має центральний диспетчерський пункт в місті Києві і управляє роботою високовольтних енергопостачальних мереж по всій Україні. Підприємство також відповідає за технічне обслуговування і модернізацію цих мереж у міру необхідності⁵. Національна енергопостачальна система ділиться на вісім регіональних систем, перелік яких наводиться в наступній таблиці (Таблиця 1).

Таблиця 1. Регіональні енергосистеми і області, які вони охоплюють

Регіональна енергосистема	Область	Регіональна енергосистема	Область
Центральна	Черкаська	Південна	Херсонська
	Чернігівська		Миколаївська
	Київська		Одеська
	Житомирська	Південно-західна	Чернівецька
Кримська	Крим		Хмельницька
Дніпровська	Дніпропетровська		Тернопільська
	Кіровоградська	Вінницька	
	Запорізька	Західна	Івано-Франківська
Донбаська	Донецька		Львівська
	Луганська		Рівненська
Північна	Харківська		Волинська
	Полтавська	Закарпатська	
	Сумська		

В цілому, переважна частина генеруючих потужностей в Україні представлена тепловими електростанціями (64%). Частки атомних електростанцій і гідроелектростанцій становлять 26% і 9%, відповідно. Україна зараз має значний надлишок виробничих потужностей внаслідок скорочення обсягів виробництва електроенергії після розпаду Радянського Союзу. Значна частина генеруючих потужностей зосереджена в межах Дніпровської і Донбаської електроенергетичних систем. Україна також експортує електроенергію до сусідніх країн, але обсяги експорту невпинно скорочувались протягом останніх кількох років внаслідок спаду, якого зазнала економіка регіону. Українські теплові електростанції працювали зі значно нижчими за історичні рівнями навантаження, причому багато з них мають незадовільний технічний стан, і виведення їх з експлуатації може бути найдоцільнішим рішенням.

⁵ Огляд енергетичної політики України 2006, Міжнародне енергетичне агентство. 2006.

Зараз будь-яке збільшення обсягів виробництва електроенергії з використанням відновлюваних джерел замінюватиме виробництво на існуючих теплових і атомних електростанціях, і так буде продовжуватись доти, доки не покращиться стан економіки і не збільшиться потреба в електроенергії як в Україні, так і в сусідніх країнах. До того ж, великі енергетичні об'єкти, які забезпечують базисне електричне навантаження, не здатні швидко реагувати на зміни в обсягах виробництва електроенергії з використанням таких мінливих відновлюваних джерел як вітер і сонце. Будь-яке значне збільшення обсягів виробництва електроенергії з використанням мінливих відновлюваних джерел потребуватиме більш оперативного реагування з боку існуючих генеруючих потужностей, яке може бути забезпечене такими видами енергетичних об'єктів як гідроелектростанції, гідроакумуляційні станції і газотурбінні установки, а також удосконаленнями в системі управління роботою енергомереж.

Окрім обмежень, пов'язаних з роботою існуючих електростанцій і застарілими методами управління роботою енергомереж, обсяги виробництва електроенергії з використанням відновлюваних джерел в різних регіонах країни також обмежуватимуться пропускною спроможністю існуючих ліній енергопостачання і існуючими рівнями споживання енергії. Спеціалісти компанії Black & Veatch виконали оцінку максимального потенціалу розвитку вітрової і сонячної енергетики на основі результатів аналізу цих обмежень. Через обмеженість інформації про рівні пропускної спроможності системи, спеціалісти компанії Black & Veatch виконали власну оцінку цієї спроможності в розрізі областей, використовуючи типові розрахункові значення для кожного діапазону напруги в енергопостачальних мережах напругою вище 220 кВ, що можна побачити в наступній таблиці (Таблиця 2). Спеціалісти компанії не мали даних щодо низьковольтних енергопостачальних і розподільчих мереж.

Таблиця 2. Розрахунки пропускної спроможності енергопостачальних мереж

Тип постачальної лінії	Потужність (МВт)
Однополюсна 750 кВ ПерС	3000
Однополюсна 500 кВ ПерС	1500
Однополюсна 330 кВ ПерС	750
Однополюсна 220 кВ ПерС	400
Двохполюсна 500 кВ ПостС	3000
Двохполюсна 800 кВ ПостС	5000

В наступній таблиці (Таблиця 3) наводяться розрахунки пропускної спроможності міжобласних ліній, а також дані щодо обсягів річної потреби в електроенергії станом на 2010 рік, пікових навантажень і генеруючих потужностей по областях. Як видно з цієї таблиці (Таблиця 3), в більшості областей існують надлишкові генеруючі потужності і величезні потужності з пропуску енергії до сусідніх областей; в той же час, сусідні області мають власні надлишкові генеруючі потужності і обмежені обсяги споживання, і не будуть здатні засвоїти всю енергію, вироблену з використанням відновлюваних джерел, яка надходитиме з сусідніх областей. Таким чином, пропускна спроможність є певним теоретичним максимумом, який може бути використаний для розрахунку потенціалу експорту енергії, виробленої з використанням відновлюваних джерел, за межі кожної області, але такий підхід, за виключенням окремих випадків, не дає більш-менш реальних результатів. Більш консервативний підхід базується на припущенні, що обсяги виробництва електроенергії з використанням відновлюваних джерел обмежуються обсягами наявних ресурсів в регіоні або обсягами споживання енергії безпосередньо в регіоні – в залежності від того, який з цих двох показників буде нижчим. Ці

обмеження були використані для розробки регіональних сценаріїв розвитку відновлюваної енергетики («тільки вітрова енергія», «тільки сонячна енергія» і «вітрова і сонячна енергія разом»). Зеленим кольором позначені обмеження, обумовлені наявністю ресурсів; сірий колір означає обмеження, пов'язані з пропускнуною спроможністю; і синім кольором позначені обмеження, пов'язані з регіональними рівнями споживання енергії.

Наприклад, Крим має значний потенціал для виробництва електроенергії з енергії вітру, але можливості для постачання енергії до сусідніх областей є обмеженими. З огляду на це, максимальний потенціал розвитку вітрової та/або сонячної енергетики визначається пропускнуною спроможністю постачальної мережі області і чистою потребою в імпорті електроенергії. Збільшення пропускнуною спроможності було б можливим в результаті будівництва нових або модернізації існуючих ліній, якими електроенергія подається за межі Криму, але будь-яка модернізація енергопостачальних ліній не розглядається в рамках цього дослідження. На заході країни, де існує значний потенціал для розвитку вітрової енергії в таких областях як Львівська, Рівненська і Івано-Франківська, а також великі потужності для постачання електроенергії, ключовим обмеженням є обсяг споживання електроенергії в регіоні. Для цілей цього дослідження прийняте припущення, що потенціал розвитку фіксується на рівні регіонального споживання електроенергії. Потенціал розвитку відновлюваної енергетики можна було б збільшити шляхом утримання надлишкових виробничих потужностей на гідроакмулюючих станціях або експорту електроенергії до сусідніх країн, але для цілей СЕА прийняте припущення, що потенціал розвитку обмежується рівнями внутрішнього споживання електроенергії в країні.

Цей підхід також не враховує різні питання практичного характеру, пов'язані з обмеженнями, які стосуються роботи місцевих розподільчих мереж, експлуатаційного резерву, планування непередбачених витрат і вимог щодо забезпечення балансу між обсягами виробництва і споживання, яких має дотримуватись оператор системи. Для більш точних розрахунків необхідно в кожному окремому випадку застосовувати методи моделювання поточкорозподілу навантаження та інших показників роботи системи енергопостачання. Також може мати місце таке абсолютно невраховане явище як кумулятивний ефект від реалізації проектів в сусідніх областях, які потребуватимуть підключення до тієї ж самої постачальної лінії, але в різних її точках.

Таблиця 3. Сценарії змін в обсягах споживання / виробництва електроенергії і розвитку відновлюваної енергетики в Україні

Регіональна енергосистема	Область	Споживання		Потужність				Розвиток тільки вітрової енергетики			Розвиток вітрової і сонячної енергетики	
		Річна потреба в 2010 році (ГВт-год)*	Шкове споживання в 2010 році (МВт)*	Загальна генеруюча потужність (МВт)**	Чистий експорт/імпорт (МВт)	Пропускна спроможність (МВт)***	Технічний потенціал вітрової енергетики (МВт)	Потенціал розвитку в області (МВт)	Регіональний сценарій розвитку (МВт)	Регіональний сценарій розвитку (МВт)	Регіональний сценарій розвитку (МВт)	Регіональний сценарій розвитку (МВт)
Центральна	Черкаська	3,593	351	1,373	1,022	1,900	813	813	1,229	1,800	1,229	571
	Чернігівська	2,141	216	200	-16	3,000	0	0				
	Київська	9,465	963	3,944	2,981	21,000	333	333				
	Житомирська	2,721	270	-	-270	2,250	83	83				
Кримська	Крим	5,335	525	336	-189	2,650	7,021	2,839	2,839	2,839	2,129	710
	Дніпропетровська	30,090	2,670	5,334	2,663	11,250	229	229	2,979	3,980	2,979	1,001
Дніпровська	Кіровоградська	3,238	327	7	-320	4,150	646	646				
	Запорізька	10,514	983	10,973	9,990	21,000	2,104	2,104				
	Донецька	25,674	2,389	10,685	8,296	19,900	1,521	1,521	3,526	0	3,526	0
	Луганська	12,019	1,137	1,928	791	12,650	2,292	2,292				
Північна	Харківська	8,115	804	2,985	2,181	12,000	0	0	229	0	229	0
	Полтавська	5,845	543	274	-269	2,250	229	229				
	Сумська	2,523	238	125	-113	13,500	0	0				
Південна	Херсонська	2,629	252	455	203	10,900	1,979	1,979	1,281	1,281	961	320
	Миколаївська	3,372	329	3,495	3,166	15,800	63	63				
	Одеська	7,018	700	-	-700	18,400	833	833				
Південно-Західна	Чернівецька	1,562	168	1,053	885	3,750	396	396	894	0	894	0
	Хмельницька	2,578	252	2,000	1,748	14,250	250	250				
	Тернопільська	1,457	149	-	-149	3,000	3,438	3,149				
	Вінницька	3,443	325	1,818	1,493	16,500	0	0				
Західна	Івано-Франківська	2,675	229	2,401	2,172	6,050	6,042	3,878	1,408	0	1,408	0
	Львівська	5,047	508	729	221	18,200	12,083	12,083				
	Рівненська	2,765	261	2,880	2,619	9,800	2,438	2,438				
	Волинська	1,692	168	9	-159	3,450	0	0				
	Закарпатська	2,226	242	32	-210	7,600	0	0				

Джерело:

* Дані, Укренерго

** Дані UDI

*** Розрахунки спеціалістів компанії Black & Veatch

Обмеженість ресурсів

Обмеженість пропускнуої спроможності

Обмеженість регіонального споживання

Розроблені сценарії є прийнятним відображенням потенціалу розвитку відновлюваної енергетики в районах з достатніми для цього ресурсами і призначені виключно для цілей СЕА. Ці сценарії не слід використовувати в якості основи для планування роботи системи.

Регіональні електроенергетичні мережі і відновлювана енергетика

(а) Крим

Кримський регіон є чистим імпортером енергії. В Криму є чотири ключових ліній енергопостачання, які можуть використовуватись для транспортування енергії з Криму до інших регіонів країни. Приблизний обсяг енергії, який може транспортуватись до Криму або за його межі в північному напрямку оцінюється на рівні 2650 МВт виходячи з даних щодо пропускної потужності ліній енергопостачання. В 2010 році рівень пікового споживання електроенергії в Криму перевищив рівень генеруючої потужності регіону приблизно на 190 МВт. Об'єкти відновлюваної енергетики могли б закрити цей розрив, і таким чином можна було б уникнути залежності від постачання енергії з північніших регіонів країни. Це дало б можливість збільшити загальну генеруючу потужність Криму до приблизно 2800 МВт для забезпечення місцевих потреб і експорту енергії в північному напрямку.

Помірні обсяги ресурсів вітрової енергетики зосереджені на сході, заході і в центральній частині Кримського півострова. Ці райони мають відносно рівнинний рельєф і є придатними для розвитку вітрової енергетики. Південні райони Криму також мають помірні ресурси вітрової енергетики, але на цій території розташовані Кримські гори, які в цілому є надто крутими для розміщення вітрових електростанцій промислового масштабу.

В східній частині Криму, де розташована Керченська ТЕЦ, розвиток вітрової енергетики обмежує радіальна постачальна лінія з напругою 220 кВ, яка з'єднується з основною системою енергопостачання з напругою 330 кВ на підстанції в місті Сімферополі в центральній частині Криму. Від Сімферопольської підстанції йдуть з'єднувальні лінії, які на півночі підключаються до Південної і Дніпровської систем енергопостачання. Радіальна постачальна лінія з напругою 220 кВ обмежує можливість збільшення генеруючої потужності приблизно до 400 МВт. Певний потенціал для розвитку вітрової енергетики також існує в Західному Криму, де єдина лінія напругою 220 кВ з'єднує район з північною частиною Криму. В цьому районі можливість для збільшення генеруючої потужності також обмежуються до 400 МВт. Що стосується східних і західних районів півострова, то вони потребуватимуть модернізації існуючих ліній енергопостачання або будівництва додаткових ліній для того, щоб забезпечити розвиток об'єктів вітрової енергетики загальною потужністю 2800 МВт.

Виходячи з пропускної спроможності постачальної мережі і чистого обсягу споживання електроенергії в регіоні, загальний максимальний потенціал розвитку вітрової енергетики в Криму оцінюється в межах від 2100 до 2800 МВт.

Практично весь Кримський регіон, за виключенням ділянки, що лежить південніше Кримських гір, характеризується найкращими в країні ресурсами сонячної енергетики. Єдиним обмеженням для розвитку сонячної енергетики є існуюча енергопостачальна система. Єдиним шляхом транспортування виробленої енергії з Криму до загальнонаціональної енергопостачальної системи є шлях на північ, куди ведуть три лінії напругою 330 кВ і одна лінія напругою 220 кВ. Сумарна пропускна спроможність цих ліній становить приблизно 2650 МВт. Враховуючи чистий обсяг споживання електроенергії в регіоні, загальний максимальний потенціал розвитку сонячної енергетики оцінюється на рівні 2800 МВт.

В цілому передбачається, що в Криму реалізуватимуться проекти розвитку як сонячної, так і вітрової енергетики. Прийнятий для цілей СЕА сценарій спільного розвитку цих видів енергетики в Криму передбачає, що загальні потужності вітрових і сонячних електростанцій становитимуть біля 2,130 МВт і 700 МВт, відповідно.

Цей потенціал розвитку може ще більше обмежуватись розвитком вітрової і сонячної енергетики в Херсонській і Запорізькій областях, який скорочуватиме можливості для експорту енергії з'єднувальними лініями, що пов'язують Крим з цими регіонами. Оскільки Крим відокремлений від основної частини енергопостачальної системи країни, в плані експорту надлишків енергії за межі регіону він має покладатись саме на ці лінії.

(b) Південне узбережжя України (Одеса, Миколаїв, Херсон)

Через Одеську область проходить енергопостачальна лінія напругою 330 кВ, яка поєднує Україну з Молдовою. На південному узбережжі Одеської області поблизу Миколаєва існують Усатівська і Аджаликська підстанції напругою 330 кВ, які мають достатню потужність для того, щоб забезпечити транспортування електроенергії до сусідньої Молдови, а також до північних і північно-східних районів України.

Одеська область є чистим імпортером електроенергії. При цьому біля 700 МВт енергії, яка припадає на пікові періоди споживання, може бути забезпечено за рахунок місцевих ресурсів замість того, щоб імпортуватись до Одеської області з інших регіонів України. Підстанції напругою 330 кВ, що діють на півдні області, де зосереджені якісні ресурси вітрової енергії, забезпечують достатні потужності для експорту електроенергії. Максимальна наявна пропускна спроможність Усатівської і Аджаликської підстанцій напругою 330 кВ, яка може використовуватись для експорту електроенергії, становить приблизно 4000 МВт.

Імпортуючи електроенергію з інших регіонів, Одеська область має можливості для виробництва електроенергії з відновлюваних джерел в таких обсягах, які будуть достатніми для забезпечення власних потреб і постачання надлишкової енергії до інших регіонів країни через існуючі енергопостачальні лінії напругою 750 кВ, 330 кВ і 220 кВ.

Наразі Миколаївська область є чистим експортером електроенергії і має обмежені обсяги якісних ресурсів вітрової енергії. Якість ресурсів сонячної енергії також не є настільки доброю, як в сусідній Одеській області.

В Херсонській області зараз виробляється приблизно на 200 МВт більше електроенергії, ніж споживається. Область має регіональну енергопостачальну систему напругою 330 кВ, яка має добрий технічний стан, а також дві енергопостачальні лінії напругою 750 кВ, які забезпечують можливість розвитку відновлюваної енергетики на території області.

Ресурси вітрової енергії зосереджені в прибережній частині області і оцінюються на рівні більше 2500 МВт. Наявні ресурси дають можливість для ще більшого розвитку генеруючих потужностей, але в цьому випадку генеруючі об'єкти мають підключатись до Каховської підстанції напругою 330/220 кВ. Ця підстанція здатна підтримати генеруючі потужності в обсязі приблизно 4150 МВт. Однак, враховуючі обмежені обсяги споживання електроенергії в регіоні, потенціал розвитку відновлюваної енергетики за сценарієм «тільки вітрова енергія» прийнятий рівним 1280 МВт з урахуванням того, що вітрові електростанції переважно розташуються вздовж узбережжя Херсонської і Одеської області.

Запаси ресурсів сонячної енергії оцінюються на рівні від помірних до великих в Одеській області, і на помірному рівні в Херсонській області. Потенціал розвитку

сонячної енергетики в цьому випадку не обмежується пропускною спроможністю існуючої постачальної системи за умови можливості підключення генеруючих об'єктів до енергопостачальної системи. Єдиним обмеженням є спроможність регіональної системи використати весь обсяг надлишкової енергії. За сценарієм «тільки сонячна енергія», максимальний потенціал розвитку сонячної енергетики в Південній Україні оцінюється на рівні 1280 МВт, причому більша його частина припадає на Одеську область.

В цілому, враховуючи пропускну спроможність регіональної енергопостачальної системи, південне узбережжя України має великий потенціал для розвитку відновлюваної енергетики, але обмежуючим фактором в даному випадку є обсяги споживання електроенергії в регіоні. Сценарій спільного розвитку вітрової і сонячної енергетики передбачає, що потенціал розвитку вітрової і сонячної енергетики становить 960 МВт і 320 МВт, відповідно.

(с) Дніпровський регіон (Запорізька, Кіровоградська, Дніпропетровська області)

Запорізька область володіє великими пропускними потужностями, які забезпечують можливість експорту електроенергії до сусідніх областей і доповнюють дуже значні генеруючі потужності, що існують в регіоні. Потенціал для розвитку відновлюваної енергетики буде досить обмеженим через наявність надлишкових генеруючих потужностей, навіть не зважаючи на добрий технічний стан енергопостачальної системи з багатодрововими постачальними лініями напругою 750 кВ. Енергія, вироблена з використанням відновлюваних джерел, могла б експортуватись до інших областей через постачальну мережу напругою 750 кВ, але всі сусідні області також є чистими експортерами електроенергії і не здатні засвоїти надлишкову енергію.

В південній частині Запорізької області ресурси вітрової енергії характеризуються високим рівнем щільності. При цьому кількість постачальних підстанцій в прибережній частині області є обмеженою, і першим основним пунктом підключення може бути Молочанськ або Мелітополь. Ці дві підстанції напругою 330 кВ мають загальну потужність на рівні приблизно 1500 МВт. Ще однією перевагою системи цих двох підстанцій є те, ще вони утворюють замкнутий контур, і навіть у разі виходу зі строю однієї постачальної лінії напругою 330 кВ існуватиме достатня резервна потужність для пропуску електроенергії. Таким чином, потенціал розвитку вітрової енергетики обмежується тільки наявністю ресурсів вітрової енергії. За розрахунками, потенціал розвитку вітрової енергетики оцінюється на рівні 2100 МВт в Запорізькій області, 650 МВт в Кіровоградській області і 230 МВт в Дніпропетровській області.

Потенціал розвитку сонячної енергетики в регіоні оцінюється на рівні від помірного до високого, а відносно рівнинний рельєф сприятиме цьому розвитку. В центральній частині Запорізької області (далі від узбережжя) існує потужна енергопостачальна система, яка також здатна підтримати розвиток сонячної енергетики. За сценарієм «тільки сонячна енергетика», загальний потенціал розвитку сонячної енергетики в регіоні може сягати 4000 МВт, причому основна частина цього потенціалу буде зосереджена в Запорізькій області. Інші дві області мають менший потенціал розвитку сонячної і вітрової енергетики через нижчу якість відповідних ресурсів.

За сценарієм спільного розвитку вітрової і сонячної енергетики, регіональний потенціал розвитку вітрової енергетики оцінюється на рівні 3000 МВт, а потенціал розвитку сонячної енергетики становитиме біля 1000 МВт.

(d) Донбаський регіон (Донецька і Луганська області)

Навіть враховуючи наявність резервних потужностей для експорту і імпорту електроенергії до/з Росії, енергопостачальна система Луганської області здатна витримати підключення об'єктів вітрової енергетики. Тільки енергопостачальна

підстанція «Перемога» напругою 500/220 кВ має пропускну потужність на рівні 1900 МВт, подаючи електроенергію до Донбаської енергопостачальної системи. Також в області існує енергопостачальна підстанція напругою 220 кВ, яка має добрий технічний стан і з'єднується з високовольтною лінією постійного струму напругою 800 кВ, яка веде до Росії, а також з магістральною постачальною лінією напругою 750 кВ, яка проходить територією країни в західному напрямку.

Наразі обсяг виробництва електроенергії в Луганській області перевищує обсяг внутрішнього споживання приблизно на 800 МВт.

В Донецькій області є дві підстанції – підстанція «Зоря» напругою 220 кВ і підстанція «Мирна» напругою 330 кВ. Обидві ці підстанції подають енергію до основної енергопостачальної системи Донецької області, до складу якої входить лінія енергопостачання напругою 750 кВ, яка проходить зі сходу на захід. Ці підстанції здатні прийняти 1500 МВт електроенергії, виробленої з використанням енергії вітру. На півночі області, де існують численні можливості для підключення до системи енергопостачання, зосереджена основна частина потенціалу вітрової енергетики. В цілому, система енергопостачання області характеризується достатньою спроможністю підтримати розвиток вітрової енергетики і підключення вітрових електростанцій до енергомережі.

Ресурси вітрової енергетики в обох цих областях вважаються помірними і зосереджені на півдні, тобто біля високовольтних підстанцій, завдяки чому електроенергія, вироблена вітровими електростанціями, може легко надходити до регіональної постачальної системи. Єдиним обмеженням для розвитку вітрової енергетики в регіоні є обсяг внутрішнього споживання електроенергії, який становить 3,500 МВт.

Обсяги ресурсів сонячної енергії в регіоні оцінюються на рівні від низьких до помірних, а досить хвилястий рельєф місцевості створюватиме перешкоди для розвитку сонячної енергетики. Вважається, що великомасштабний розвиток сонячної енергетики в регіоні буде недоцільним.

(е) Західна Україна (Карпати/Львів)

До складу Західної енергопостачальної системи, яка проходить через гірський масив майже перпендикулярно, входять високовольтна постачальна лінія (750 кВ) і дві лінії напругою 220 кВ. Лінія напругою 750 кВ підключена до підстанції Західноукраїнська (750/330 кВ), а лінії напругою 220 кВ підключені до підстанції Західноукраїнська напругою 220 кВ. Підключення до цих ліній енергопостачання може бути складним завданням для об'єктів, розташованих в Карпатських горах, через високу крутизну схилів. З цієї ж самої причини буде дуже складно збудувати підстанцію підключення, яка б забезпечила можливість облаштування відгалужень від ліній енергопостачання, що насамперед стосується лінії напругою 750 кВ, яка є найбільш зручним шляхом транспортування електроенергії.

Регіональна енергопостачальна система включає багатодротові лінії енергопостачання напругою 750 кВ і з'єднується з магістральною постачальною мережею України. Закарпатська і Львівська області урівноважують одна одну в обсягах виробництва і споживання електроенергії – в Закарпатській області обсяг споживання електроенергії перевищує обсяг виробництва приблизно на 200 МВт, а Львівська область навпаки має надлишок виробництва електроенергії на рівні 200 МВт. В Івано-Франківській області надлишок виробництва електроенергії становить біля 2100 МВт, і цей надлишок міг би експортуватись до Закарпатської області для покриття існуючого дефіциту. Враховуючи такий значний обсяг надлишкової генеруючої потужності в Івано-Франківській області, всі додаткові обсяги електроенергії можуть бути лише предметом експорту до Польщі та інших сусідніх країн, а також до інших областей України.

Найкращі ресурси вітрової енергії в Україні зосереджені у Прикарпатті в межах Львівської і Івано-Франківської областей. Висока крутизна схилів перешкоджатиме розвитку вітрової енергетики на більшій частині Закарпаття. В районах з високим потенціалом розвитку вітрової енергетики існуючі системи енергопостачання мають достатню пропускну спроможність, особливо якщо прийняти до уваги той факт, що об'єкти вітрової енергетики підключатимуться до високовольтних підстанцій енергопостачання, з яких електроенергія може експортуватись до сусідніх країн або областей. Якщо припустити, що надлишкова енергія, вироблена з використанням відновлюваних джерел, не експортуватиметься за межі регіону, тоді загальний потенціал розвитку вітрової енергетики обмежуватиметься обсягом внутрішнього споживання і становитиме не більше 1400 МВт. Використання енергії вітру в ще більших обсягах могло б стати можливим за умови координації роботи вітрових електростанцій з роботою гідроелектростанцій і гідроакумуляуючих станцій з метою розвитку експорту електроенергії, але для цілей СЕА прийнятий консервативний сценарій на рівні 1400 МВт.

Регіональний потенціал використання сонячної енергії не є оптимальним, а будівництво сонячних електростанцій промислового масштабу в умовах гірської місцевості є дуже складною задачею. З огляду на це вважається, що розвиток в регіоні об'єктів сонячної енергетики промислового масштабу є недоцільним.

(f) Південно-Західна Україна (Тернопільська область)

На південному заході України найякісніші ресурси вітрової енергії зосереджені в Тернопільській області, але загальний потенціал розвитку вітрової енергетики обмежується обсягом внутрішнього споживання в регіоні і становить біля 900 МВт. Можливості для розвитку сонячної енергетики вважаються мінімальними через різко пересічений рельєф місцевості і недостатню якість ресурсів сонячної енергії.

(g) Центральна Україна (басейн Дніпра)

Трипільська теплова електростанція є основним джерелом надходження електроенергії до Центральної енергопостачальної системи, пропускну спроможність якої становить приблизно 4500 МВт (п'ять постачальних ліній напругою 330 кВ). В регіоні немає обмежень в плані пропускну спроможності регіональної системи енергопостачання, але в його межах розташований великий центр споживання електроенергії – місто Київ. Незважаючи на дуже значні обсяги споживання електроенергії, в самому Києві існує надлишок генеруючих потужностей на рівні біля 2500 МВт і ще більші потужності для транспортування електроенергії.

Обсяги ресурсів вітрової енергії в Центральній Україні можна охарактеризувати на рівні від низьких до помірних, причому вони зосереджені вздовж річки Дніпро, де також проходить енергопостачальна лінія напругою 330 кВ. Значна частина пропускну спроможності цієї лінії використовується для постачання електроенергії до міста Києва як центру її споживання від численних існуючих гідроелектричних і теплових станцій, розташованих в басейні Дніпра. Трипільська ТЕС має найбільшу експортну спроможність, маючи шість ліній енергопостачання потужністю 330 кВ, якими електроенергія надходить до підстанції. Хоча приблизна пропускну спроможність енергопостачальної системи регіону становить біля 4500 МВт, загальний потенціал розвитку вітрової енергетики в регіоні оцінюється на рівні біля 1200 МВт в залежності від наявності якісних ресурсів вітрової енергії в Київській і Черкаській областях.

Обсяги ресурсів сонячної енергії в регіоні оцінюються на рівні від помірного до високого, до того ж обмежень в плані пропускну потужності практично не існує. Потенціал розвитку сонячної енергетики в регіоні оцінюється на рівні обсягу регіонального споживання, який становить 1800 МВт. За сценарієм спільного розвитку

вітрової і сонячної енергетики, максимальний потенціал вітрової і сонячної енергії оцінюється на рівні біля 1200 МВт і 600 МВт, відповідно.

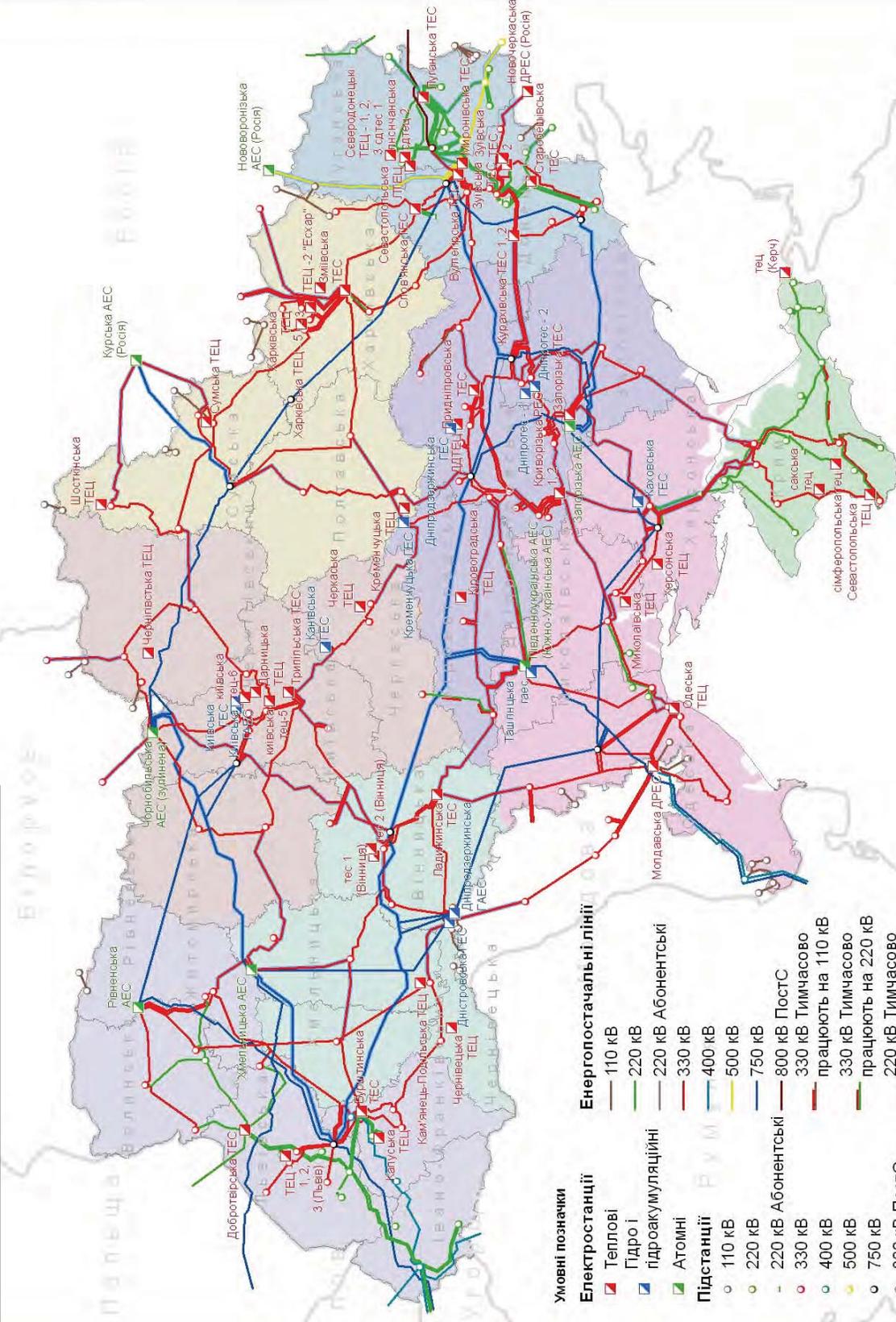
(h) Північна Україна

Вважається, що Північна Україна не має достатньої кількості якісних ресурсів сонячної або вітрової енергії. Наявні ресурси обмежуються невеликою кількістю вітрової енергії, яка оцінюється на рівні біля 200 МВт і зосереджена в Полтавській області.

РИСУНКИ



Рисунок 2. Українська енергопостачальна мережа і регіональні електричні системи



Умовні позначки

- Електростанції**
- Теплові
 - Гідро і гідроакмуляційні
 - Атомні
- Підстанції**
- 110 кВ
 - 220 кВ
 - 220 кВ Абонентські
 - 330 кВ
 - 400 кВ
 - 500 кВ
 - 750 кВ
 - 800 кВ Пост
 - 330 кВ Тимчасово працюють на 110 кВ
 - 400 кВ
 - 500 кВ
 - 750 кВ
 - 800 кВ Пост
 - 220 кВ Тимчасово працюють на 220 кВ
 - 220 кВ Тимчасово працюють на 110 кВ

Енергопостачальні лінії

- 110 кВ
- 220 кВ
- 220 кВ Абонентські
- 330 кВ
- 400 кВ
- 500 кВ
- 750 кВ
- 800 кВ Пост
- 330 кВ Тимчасово працюють на 110 кВ
- 400 кВ
- 500 кВ
- 750 кВ
- 800 кВ Пост
- 220 кВ Тимчасово працюють на 220 кВ
- 220 кВ Тимчасово працюють на 110 кВ

Включені до інформаційної довідки
Українерго про наявні потужності

Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні
Стратегічний екологічний аналіз

Електроенергетична система і постачальна мережа

Умовні позначки
Регіональні електричні системи

- Центральна
- Кримська
- Дніпровська
- Донбаська
- Північна
- Південна
- Південно-західна
- Західна



0 50 100
Кілометри
1 cm = 60 km



Data sources: UKEnergy "United Energy System of Ukraine", UKEnergy and Institute for Advanced Technology "Main Electrical Network of Ukraine", UKEnergy "Information regarding the capacity of networks OES Ukraine", DeLorme, ArcWorld Supplement, ESRI

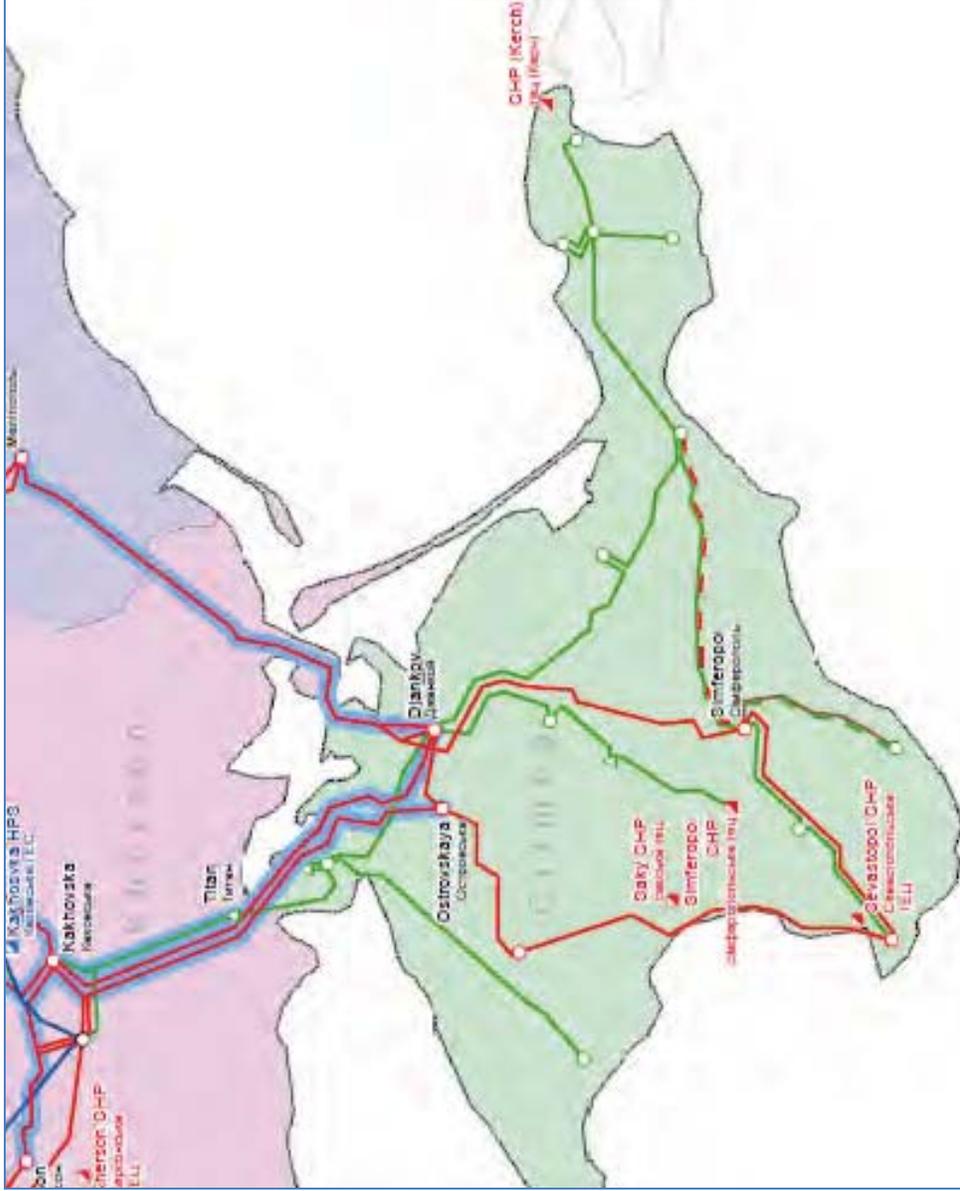


Рисунок 3. Кримська система енергопостачання

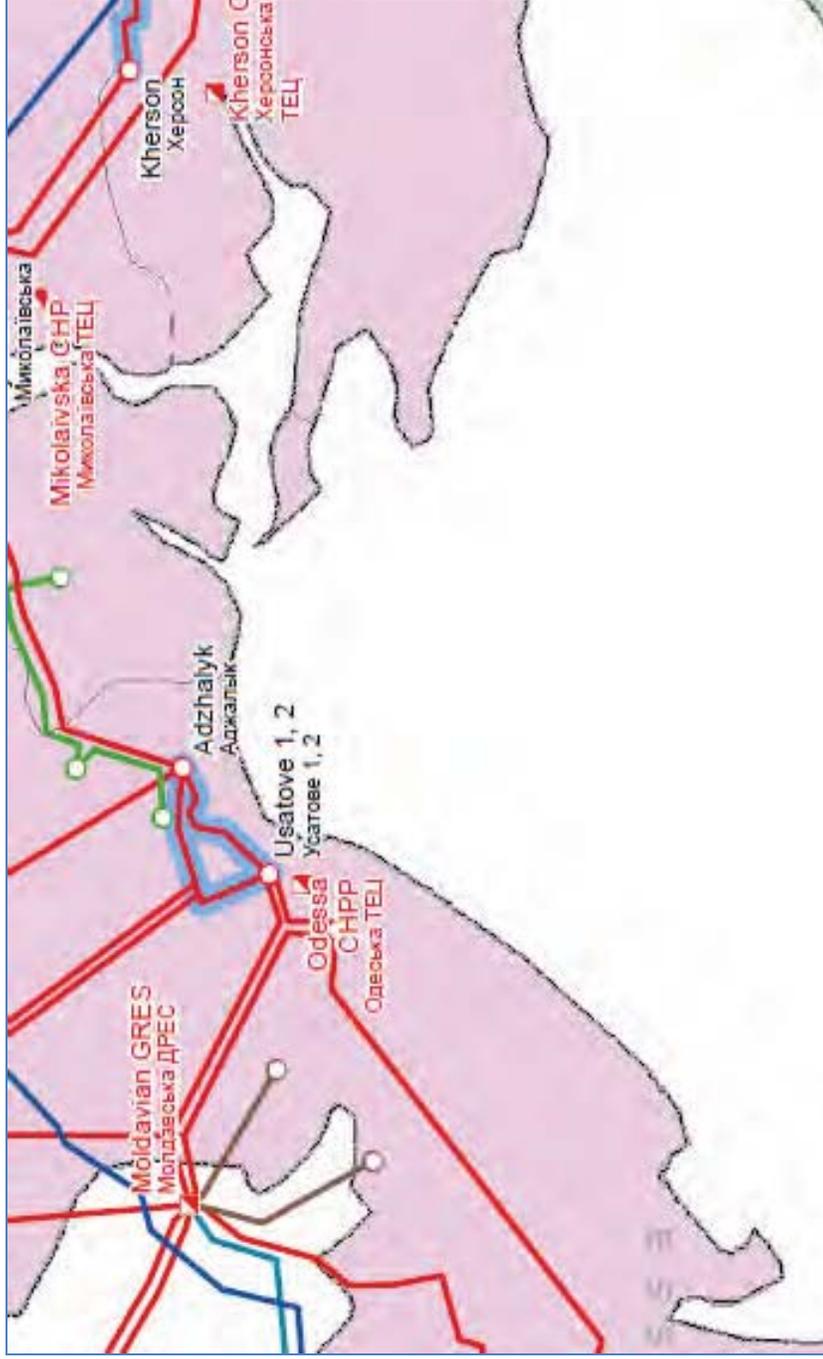


Рисунок 4. Південноукраїнська прибережна система енергопостачання

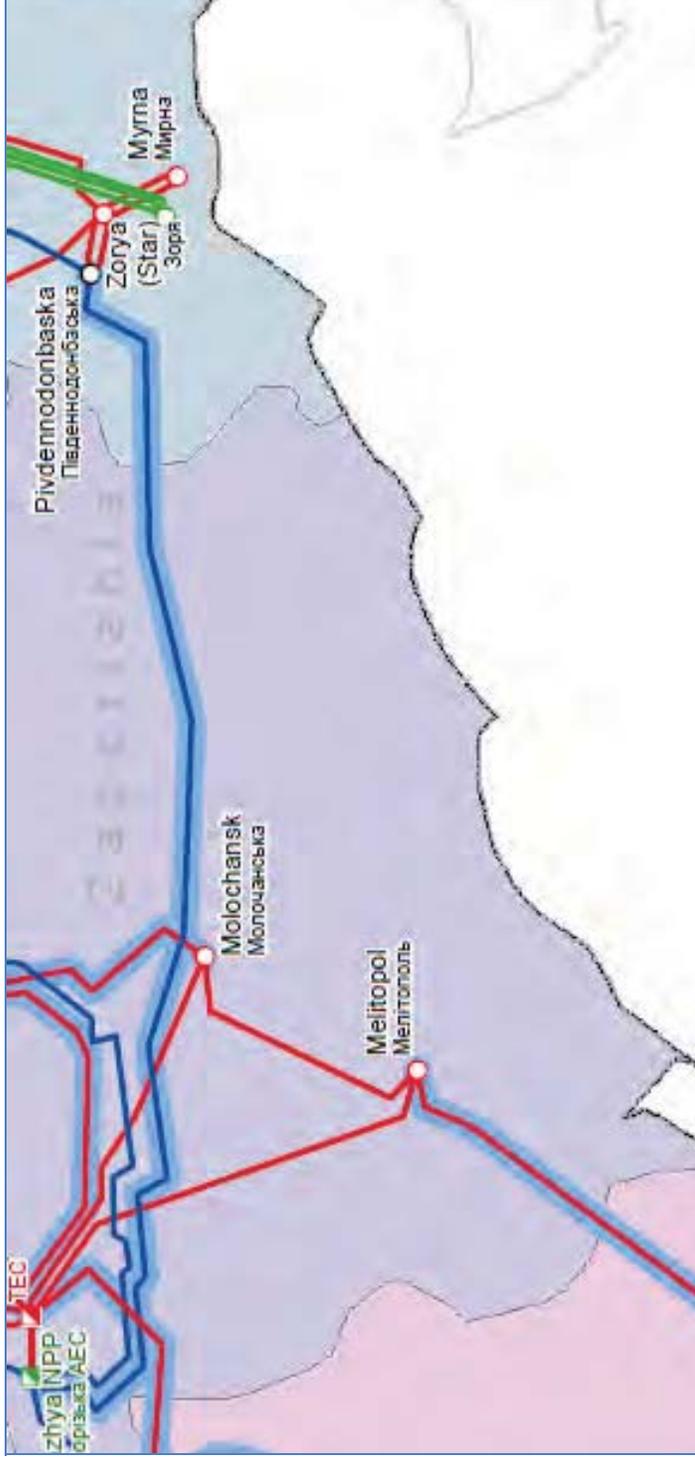


Рисунок 5. Донецька і Запорізька прибережні системи енергопостачання



Рисунок 6. Енергопостачальна система на півдні Луганської області

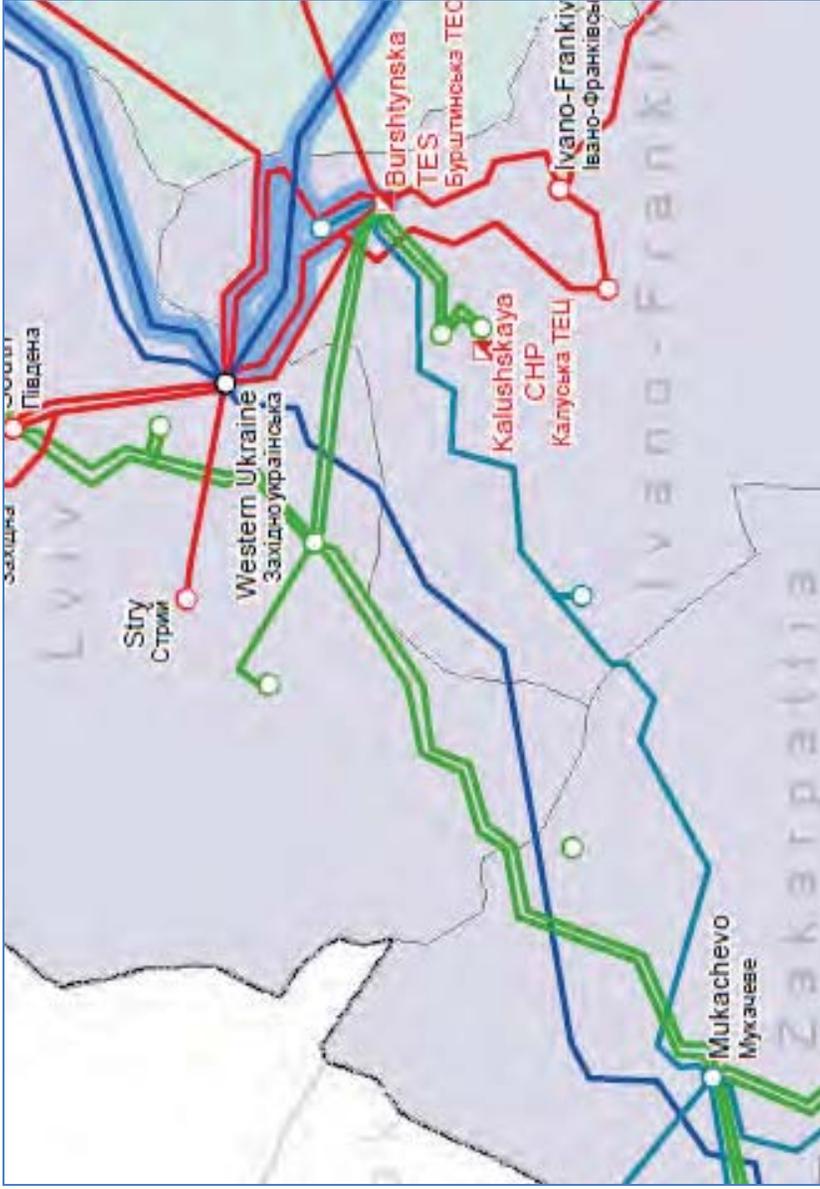


Рисунок 7. Західноукраїнська система енергопостачання

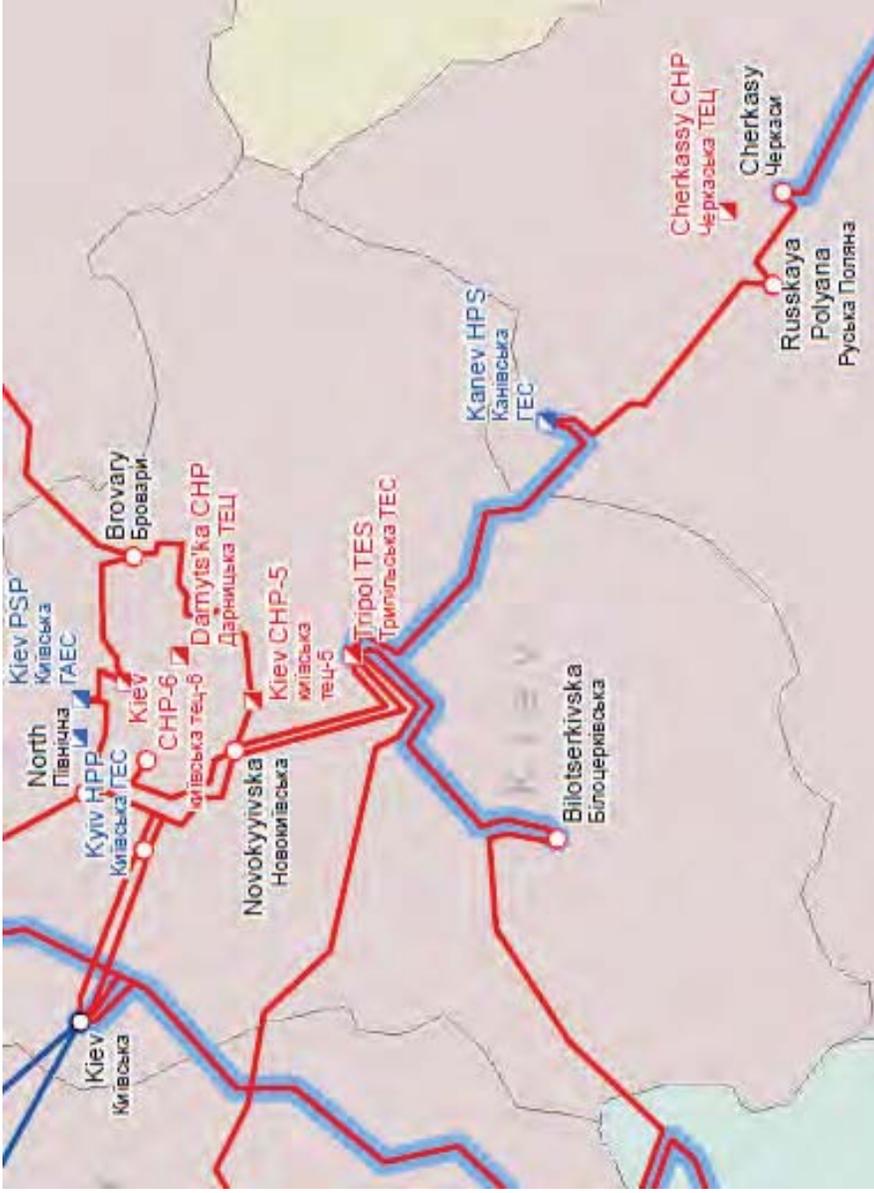


Рисунок 8. Центральна система енергопостачання